

AP20 Rec'd PCT/PTO 07 AUG 2006**Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten
Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien durch Herstellen von Blechformteilen aus härtbarem Stahl, unter thermischen Vorbehandlung dieser Stahlplatten, wobei die Aufheizgeschwindigkeit und -temperatur bis zum Erreichen des legierungsgehaltsabhängigen austenitischen Zustand gewählt werden, und einer darauf folgenden Preßformgebung und Härtebehandlung der geformten Panzerungsbauteile. Derartige technische Lösungen werden beispielsweise im Kraftfahrzeugbau von gepanzerten Limousinen benötigt.

Bei der Herstellung von Sonderschutzfahrzeugen werden Panzerungen eingesetzt, die in die Außenbeplankung von Fahrzeugkarosserien eingefügt werden. Wegen der schweren Verarbeitbarkeit der hochfesten Stähle werden diese Panzerungen meist als Schweißbaugruppen ausgelegt. Die bekannte Verzugsanfälligkeit sowie die beachtliche Temperaturempfindlichkeit, die bereits oberhalb einer Temperatur von 200 °C einen Festigkeitsabfall bewirken kann, führen oft zu Rißbildungen und Spannungsproblemen im direkten Schweißnahtbereich sowie zu Festigkeitsproblemen in den Wärmeeinflußzonen. Diese unerwünschten Wirkungen erhöhen sich mit zunehmenden Gehalt an Legierungselementen und Panzerungshärte. Dies führt zur Beeinträchtigung der erforderlichen Schutzwirkung.

Bekannt ist das Herstellen von dreidimensionalen Bauteilen durch Warmumformung mit nachfolgender Wärmebehandlung.

So wird mit der DE 198 21 797 C1 ein Verfahren zur Herstellung von gehärteten Teilen aus Stahl bekannt gemacht. Dieses Verfahren dient insbesondere der Gewinnung von Vorprodukten, die beispielsweise für die Herstellung von

- 2 -

Wälzlager und Getriebeteilen einerseits besonders ermüdungsfest, hoch belastbar und verschleißfest und andererseits im Interesse minimaler mechanischer Nachbearbeitung besonders paßfähig herstellbar sein sollen. Dazu wird ein lufthärtender Stahl eingesetzt, der nach dem Erwärmen auf wenigstens 1100 °C zunächst einer Warmumformung bis auf eine Temperatur von wenigstens 800 °C und einer anschließenden Abkühlung mittels Luft auf etwa 280 °C bei gleichzeitiger thermomechanischer Behandlung durch Kalibrieren, anschließender Abkühlung an Luft auf Raumtemperatur und abschließender Entspannungsbehandlung bei einer Temperatur von 150 bis 250 °C gewonnen wird.

Mit der US 5, 454, 883 A wird weiterhin ein Verfahren bekannt gemacht, mit dessen Hilfe gehärtete Stahlplatten dadurch hergestellt werden, daß die Aufheizraten beim thermischen Behandeln, sowie die Haltezeiten auf ausgewählten Behandlungstemperaturen optimiert werden. Weiterhin legt diese technische Lösung in einer Variante den Verzicht auf das Kalibrieren beim Abkühlen der Bauteile nahe.

Der gemeinsame Mangel der bekannten technischen Lösungen besteht darin, daß sie für das Herstellen von dreidimensional geformten Blechformteilen aus härtbaren Stahlblechen ungeeignet sind, insbesondere dann, wenn eine spanende Oberflächennachbehandlung der gehärteten Blechformlinge vermieden werden soll. Insofern sind die bekannten technischen Lösungen für das Herstellen von Halbzeugen, wie sie im Maschinenbau für die Herstellung hochfester Stahlkonstruktionen, hochbelasteter Maschinenbauelemente in Form von Wälzlager- und Getriebeteilen benötigt werden, für die Herstellung von dreidimensional geformten Panzerungsbauteilen für Fahrzeugkarosserien ungeeignet.

Die Aufgabe besteht deshalb im Schaffen einer technischen Lösung, mit deren Hilfe die Mängel des bekannten Standes der Technik überwunden werden. Insbesondere ist ein Verfahren zu entwickeln, das für die Herstellung von Panzerungsbauteilen für Fahrzeugkarosserien unter Vermeidung von Schwachstellen im gepanzerten Bereich geeignet ist. Die Panzerungsbauteile sollen bei minimierten Nachbearbeitungserfordernissen wiederholgenau und mit deutlich geringeren Maßtoleranzen als vergleichbare Schweißkonstruktionen herstellbar sein.

- 3 -

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 2 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen beschrieben. Danach sieht das Verfahren die Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien durch das Herstellen von Blechformteilen aus härtbarem Stahl vor. Die Stahlplatten werden dazu thermisch vorbehandelt, wobei die Aufheizgeschwindigkeit und die Aufheiztemperatur so gewählt werden, daß der legierungsgehaltsabhängige austenitische bzw. teilaustenitische Zustand erreicht ist. Im austenitisierten Zustand wird der überwiegende Teil der im Material der Stahlplatte enthaltenen Legierungselemente im Austenit gelöst. Die Wärmebehandlungszeit wird bei der Austenitisierung in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt und von Menge und Art der Legierungselemente sowie von der Blechdicke so gewählt, daß sowohl Verzunderung, Randentkohlung und Kornwachstum minimiert werden. Anschließend erfolgt die Preßformgebung mit anschließender eventuell notwendiger Wärmebehandlung, in deren Ergebnis die gewünschten dreidimensional geformten Panzerungsbauteile gewonnen werden. Das Verfahren sieht vor, das Warmumformen und das Abschreckhärten der Stahlplatten in einem Arbeitsgang durchzuführen. Die austenitisierte Stahlplatte wird möglichst unmittelbar, vorzugsweise noch im austenitischen bzw. teilaustenitischen Zustand mittels Preßwerkzeug umgeformt und im Ergebnis der angestrebten hohen Abkühlgeschwindigkeit wird das gewünschte Härtegefüge in der umgeformten Stahlplatte erreicht. Die erforderliche kritische Abkühlgeschwindigkeit wird dabei so gewählt, daß ein Härtegefüge entsteht. Nach Schließen des Preßwerkzeuges wird das umgeformte Bauteil im vollflächigen Kontakt mit dem Preßwerkzeug gehalten. Der vollflächige Kontakt der umgeformten Stahlplatte mit dem Preßwerkzeug gewährleistet einerseits das Vermeiden von Deformationen infolge thermischer Spannungen bis zur teilweisen oder vollständigen Gefügeumwandlung der umgeformten Stahlplatte und dient Ausbildung des erforderlichen Härtegefüges in allen Teilbereichen des erzeugten Panzerungsbauteils. Damit werden Schwachstellen innerhalb des Panzerungsbauteils sicher vermieden. Die Abkühlung des umgeformten Bauteils ist Bestandteil der Härtebehandlung und erfolgt deshalb im geschlossenen Preßwerkzeug.

Vorzugsweise erfolgt die Umformung im Preßwerkzeug so, daß die Geschwindigkeit der Abkühlung der austenitisierten bzw. teilaustenitisierten Stahlplatte während des Preßvorganges unter vollflächigem Anliegen der umgeformten Stahlplatte an die Gravur des Preßwerkzeuges möglichst oberhalb der kritischen Abkühlgeschwindigkeit liegt.

Alternativ zu dieser Verfahrensvariante ist es weiterhin möglich, daß die austenitisierte Stahlplatte nach dem Einlegen in das Preßwerkzeug zunächst umgeformt und im vollständigen Kontakt mit dem Preßwerkzeug gehalten wird, wobei das Preßwerkzeug vor dem Umformprozeß wenigstens auf ca. 70 °C gekühlt wird. Nach dem Umformprozeß wird die weitere Abkühlung der umgeformten Stahlplatte bei geöffnetem Preßwerkzeug oder außerhalb des Preßwerkzeuges an der Umgebungsluft vorgenommen. Hierbei wird davon ausgegangen, daß die schockartige Abkühlung der austenitisierten umgeformten Stahlplatte im vorgekühlten Preßwerkzeug nicht nur zur Ausbildung des grundsätzlichen Härtegefüges, sondern auch zu einer ausreichenden Formstabilität des erzeugten dreidimensionalen Panzerungsbauteils führt. In diesem Falle läßt sich das Preßwerkzeug in höherer Frequenz für das Erzeugen von wiederholgenauen Bauteilen nutzen.

Bevorzugt werden als Stahlplatten Bleche aus härtbaren und martensitischhärtbaren Stählen eingesetzt.

Das Verfahren sieht vor, daß die Ansprunghärte des Panzerungsstahls bei Härtung in Härteöl größer 45 HRC oder die Härte nach Warmauslagern größer 45 HRC ist.

Dreidimensional geformte Panzerungsbauteile hoher Maßhaltigkeit werden insbesondere dadurch gewonnen, in dem das Preßwerkzeug nach dem Umformvorgang bis zum Erreichen der gewünschten Kühltemperatur über einen Zeitraum von 50 bis 500 Sekunden geschlossen gehalten wird. Dadurch wird das Bauteil bis zur vollständigen Ausbildung des Härtegefüges in der Kalibrierung gehalten, wodurch Deformationen infolge von Thermospannungen weitgehend ausgeschlossen werden können.

Die Abkühlgeschwindigkeit über den Kontakt der umgeformten Stahlplatte mit dem Preßwerkzeug wird dadurch beeinflußt, daß das Preßwerkzeug aus gut wärmeleitfähigem Material, beispielsweise Stahl besteht und/oder durch Kühlmittel, vorzugsweise z. B. Wasser, Ammoniak und/oder Druckluft, gekühlt werden kann.

- 5 -

Es ist möglich, die abgekühlten und umgeformten Stahlplatten einer abschließenden Wärmebehandlung in Form eines Entspannungs- und/oder Anlassprozesses, Vergütungs- oder Auslagerungsbehandlung zu unterziehen.

Alternativ dazu sind auch Maßnahmen, wie Härten, Auslagern oder Warmauslagern als thermische Nachbehandlungsprozeduren je nach legierungszusammensetzung möglich. Diese Maßnahmen dienen dazu, mögliche ungleichmäßige Verteilungen der Härtegrade im Bauteil auszugleichen und damit Unsicherheiten in der Sicherheit gegen Beschuß- oder Besprengwirkungen auszuschließen. Der bei der thermischen Nachbehandlung auftretende thermische Verzug ist bekanntermaßen etwa nur 10 % der bei mittels Schweißtechnik hergestellten Panzerungsbauteilen.

Besonders vorteilhaft ist, daß das Warmumformen und das Abschreckhärten der austenitisierten bzw. teilaustenitisierten Stahlplatten in einem Arbeitsgang durchgeführt werden.

Die Vorteile der Erfindung bestehen zusammengefaßt darin, daß für den Sonderfall der Herstellung von dreidimensional geformten Panzerungsbauteilen für Fahrzeugkarosserien bestimmte Anforderungen an die Herstellung von gehärteten Stählen, wie sie für die Herstellung von Werkzeugen oder Halbzeugen bekannt sind, nicht erfüllt werden müssen. Das betrifft beispielsweise die Festigkeit gegen Wälzermüdung, die Verschleißfestigkeit oder die Dauerwechselfestigkeit.

Es kann davon ausgegangen werden, daß die Karosserie eines Fahrzeuges der Sonderschutzklasse nach einer erstmaligen Belastung durch Beschuß oder Besprengung vollständig oder zumindest bezüglich der belasteten Panzerungsbauteile verworfen wird. Unter Berücksichtigung dieser besonderen Anforderungen müssen die herzustellenden Panzerungsbauteile insbesondere die durchgängige oder die vollflächige Qualität aufweisen und nach Möglichkeit eine mechanische Nachbearbeitung der Oberfläche des dreidimensional geformten Panzerungsbauteils nicht erfordern. Das vorgeschlagene Verfahren trägt diesen besonderen Anforderungen in hohem Maße Rechnung. Gegenüber bekannten Schweißkonstruktionen werden auf vergleichsweise einfache Weise durch das Verbinden eines Warmumformprozesses mit einem Härtingsprozeß, ausgehend von Blechplatten, die zuvor in einen austenitisierten bzw. teilaustenitisierten Zustand vorbehandelt wurden, dreidimensional geformte Panzerungsbauteile hoher Qualität gewonnen.

- 6 -

Entsprechend der gewünschten Schutzklasse, die durch definierte Beschußsicherheit und eventuelle Sicherheit gegen Besprengung gekennzeichnet sind, werden die erforderlichen die erforderlichen Wärmebehandlungsparameter angestrebt.

Einige Vergütungsstähle für den Einsatz in der Schutzklasse VR 6 erreichen dabei mit Hilfe der Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens auch ohne nachfolgende Wärmebehandlung alle Schutzanforderungen, einschließlich der Sicherheit gegen Besprengung mit Handgranaten der Type DM 51 ohne Splitterabgänge auf der Rückseite der Panzerungselemente.

Bei der Auslegung der Preßwerkzeuge muß darauf geachtet werden, daß an jeder Stelle der umgeformten Stahlplatine eine ausreichende Wärmeableitung gewährleistet werden kann. Weiterhin müssen die Fließeigenschaften des Materials beachtet werden, damit sich einerseits das Bauteils während des Umformvorganges bei gleichmäßiger Flächenpressung vollständig und gleichmäßig an die Gravur des Werkzeuges anlegt und Ausdünnungen der Materialdicke vermieden werden. Zur Stabilisierung des Bauteils während der Wärmebehandlung können in die Platine umlaufende Sicken oder Stabilisierungsformen mit eingeprägt werden. Nach dem Warmpressen oder der eventuellen Wärmebehandlung wird die Endform des Bauteils mittels Laser oder vorzugsweise Wasserstrahl ausgeschnitten.

Mit dem vorgeschlagenen Verfahren sind nun dreidimensional geformte Panzerungsbauteile für unterschiedliche Schutzklassen herstellbar, wobei deren Wanddicke auch mehr als 10 mm betragen kann. Nun sind auf dem Wege der Warmumformung Panzerungsbauteile für Fahrzeugkarosserien realisierbar, die bisher nur als aufwendige Schweißkonstruktionen mit ballistischen Schwachstellen im Schweißnahtbereich hergestellt werden konnten.

Durch die hohe Prozeßsicherheit ist der serienmäßige Einsatz des Verfahrens für das Herstellen von dreidimensional geformten Panzerungsbauteilen hoher Maßhaltigkeit möglich.

Die Erfindung soll nachstehend mit Ausführungsbeispielen näher erläutert werden.

- 7 -

Ausführungsbeispiel 1:

Ein Stahlblech mit einer Dicke von 6,5 mm weist folgenden Gehalt an Legierungselementen auf:

0,5 %	C
1,1 - 1,3 %	Ni
1,0 - 1,5 %	Si
0,5 - 0,6 %	Mn
0,1 - 0,5 %	Mo.

Aus diesem Stahlblech wird eine Platine gewonnen und auf eine Austenitisierungstemperatur in Höhe von 950 °C erwärmt. In diesem Zustand wird die Platine in das Preßwerkzeug eingelegt und durch Schließen des Preßwerkzeuges umgeformt. Innerhalb von insgesamt 300 Sekunden erfolgt die Schreckabkühlung der umgeformten Stahlplatine auf Werkzeugtemperatur. Das Werkzeug kann dabei durch Kühlmittel gekühlt werden. Der Schließdruck des Preßwerkzeuges wird über die gesamte Abkühlzeit aufrechterhalten. Anschließend erfolgt eine Wärmebehandlung durch Vergüten auf die Qualität HRC 50. Das dreidimensional geformte Panzerungsbauteil entspricht der Beschußklasse VR 6, was durch Beschußversuche nachgewiesen wurde.

Ausführungsbeispiel 2:

Eine Stahlplatine mit einer Dicke von 6,5 mm weist folgende Anteile an Legierungselementen auf:

0,25 - 0,4 %	C
0,0 - 1,0 %	Ni
0,2 - 0,4 %	Si
0,0 - 2,0 %	Mn
0,0 - 0,55 %	Mo
0,0 - 1,1 %	Cr.

- 8 -

Diese Stahlplatte wird bis auf Austenitisierungstemperatur in Höhe von 970 °C erwärmt und sofort in das Preßwerkzeug eingelegt und durch Schließen des Preßwerkzeuges umgeformt. Das Preßwerkzeug wurde zuvor auf ca. 70°C abgekühlt. Infolge der schockartigen Abkühlung durch optimierte Wärmeableitung eines Großteils der Wärme der Stahlplatte auf das Preßwerkzeug kommt es zur Ausbildung eines ausreichenden Härtegefüges. Deshalb kann nach Abschluß des Umformvorganges das Preßwerkzeug geöffnet und die weitere Abkühlung des dreidimensional geformten Panzerungsbauteils bei Raumtemperatur durchgeführt werden. Auf eine nachfolgende Wärmebehandlung wird verzichtet. Das gewonnene dreidimensional geformte Panzerungsbauteil entspricht der Beschußklasse VR 6, was durch Beschußversuche nachgewiesen wurde.

Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien durch Herstellen von Blechformteilen aus härtbarem Stahl unter thermischer Vorbehandlung dieser Stahlplatten, wobei die Aufheizgeschwindigkeit und -temperatur wenigstens bis zum Erreichen des legierungsgehaltsabhängigen austenitischen oder teilaustenitischen Zustand gewählt werden, und darauf folgender Preßformgebung und gegebenenfalls anschließender Härte- bzw. Wärmebehandlung der geformten Panzerungsbauteile, **dadurch gekennzeichnet,**
daß das Warmumformen und das Abschreckhärten der Stahlplatten in einem Arbeitsgang durchgeführt werden,
daß die austenitisierte Stahlplatte innerhalb einer Zeit von maximal 90 Sekunden mittels Preßwerkzeug umgeformt wird,
daß das umgeformte Bauteil im vollflächigen Kontakt mit dem Preßwerkzeug gehalten wird,
daß die Abkühlung des umgeformten Bauteils im geschlossenen Preßwerkzeug erfolgt und
daß die Abkühlung des umgeformten Bauteils im geschlossenen Preßwerkzeug mit einer Abkühlgeschwindigkeit erfolgt, die wenigstens der materialspezifischen kritischen Abkühlgeschwindigkeit entspricht.
2. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien durch Herstellen von Blechformteilen aus härtbarem Stahl unter thermischer Vorbehandlung dieser Stahlplatten, wobei die Aufheizgeschwindigkeit und -temperatur wenigstens bis zum Erreichen des legierungsgehaltsabhängigen

- 10 -

austenitischen oder teilaustenischen Zustand gewählt werden, und darauf folgender Preßformgebung und gegebenenfalls anschließender Härte- bzw. Wärmebehandlung der geformten Panzerungsbauteile, **dadurch gekennzeichnet,**

daß das Warmumformen und das Abschreckhärten der Stahlplatten in einem Arbeitsgang durchgeführt werden,

daß die austenitisierte Stahlplatte noch im austenischen oder teilaustenischen Zustand mittels Preßwerkzeug umgeformt wird,

daß das umgeformte Bauteil im vollflächigen Kontakt mit dem Preßwerkzeug gehalten wird,

daß das Preßwerkzeug vor dem Umformprozeß wenigstens auf ca. 70 °C gekühlt wird und

daß nach dem Umformprozeß die weitere Abkühlung der umgeformten Stahlplatte ohne Kalibrierung jedoch bei Aufrechterhaltung des Preßdruckes zwecks Wärmeableitung aus der Platte im Preßwerkzeug erfolgt.

3. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien nach einem der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Stahlplatten Bleche aus härtbaren und martensitaushärtbaren Stählen eingesetzt werden.
4. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien nach einem der Ansprüche 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** Stähle mit einer Ansprunghärte des Panzerungsstahls bei Härtung in Härteöl größer 45 HRC oder die Härte nach Warmauslagern größer 45 HRC ist, verwendet werden.

5. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** während der Aufheizung auf die Austenitisierungstemperatur die Legierungselemente überwiegend im Austenit gelöst werden.
6. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Warmbehandlungszeit und -temperatur für die Austenitisierung zur Minimierung von Verzunderung, Randentkohlung und Kornwachstum in Abhängigkeit vom Bauteilwerkstoff und Werkstoffdicke gewählt wird.
7. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Umformung der austenitisierten Stahlplatte etwa bei der legierungsgehaltsabhängigen Austenitisierungstemperatur erfolgt bzw. bei Temperaturen, bei denen sich die Stahlplatte im teilaustenitisierten Zustand befindet.
8. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien nach einem der Ansprüche 1 und 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Preßwerkzeug nach dem Umformvorgang bis zum Erreichen der gewünschten Abkühltemperatur über einen Zeitraum von mindestens 50 bis 500 Sekunden geschlossen gehalten wird.

- 12 -

9. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Preßwerkzeug durch Kühlmittel, vorzugsweise Wasser, Ammoniak und/oder Druckluft, gekühlt werden kann
10. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die abgekühlten und umgeformten Stahlplatten einer abschließenden Wärmebehandlung in Form von Entspannen und/oder Anlassen unterzogen werden.
11. Verfahren zur Herstellung eines dreidimensional geformten Panzerungsbauteils für Fahrzeugkarosserien nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die abgekühlten und umgeformten Stahlplatten abschließend durch Anlassen, Härten und Anlassen, Auslagern oder Warmauslagern nachbehandelt werden.